

## 明 細 書

ハウリング抑圧装置、プログラム、集積回路、およびハウリング抑圧方法  
技術分野

- [0001] 本発明は、ハウリング抑圧装置、ハウリング抑圧プログラム、集積回路、およびハウリング抑圧方法に関し、より特定のには、マイクロホンで収音した音声信号をスピーカで拡声する拡声システムにおいてハウリングの発生を抑圧するハウリング抑圧装置、ハウリング抑圧プログラム、集積回路、およびハウリング抑圧方法に関する。

## 背景技術

- [0002] 従来、マイクロホンで収音した音声信号をスピーカで拡声する拡声システムにおいてハウリングの発生を抑圧するハウリング抑圧装置が開発されている。従来のハウリング抑圧装置は、ハウリングが発生する周波数の信号増幅率を抑制する狭帯域信号の振幅制御（例えば、ノッチフィルタやグラフィックイコライザ）を用いる方法がある。振幅の制御としては、設置時に調整する半固定の方法や、ハウリング検出部を装備してその検出結果から動的に制御する方法等がある（例えば、特許文献1および特許文献2参照）。
- [0003] 図7は、特許文献1で開示された拡声装置の構成を示すブロック図である。図7において、拡声装置は、マイクロホン101、スピーカ103、ハウリング検出部104、振幅周波数特性補正部105、および信号増幅部を備えている。
- [0004] 次に、上記従来の拡声装置の動作を説明する。上記拡声装置では、マイクロホン101から入力された音声信号が振幅周波数特性補正部105に入力され、振幅周波数特性補正部105が周波数特性を補正する。振幅周波数特性補正部105は、補正した音声信号を信号増幅部106に出力する。そして、信号増幅部106は、入力した音声信号を増幅してスピーカ103から音声信号に応じた音声音が音場に拡声される。
- [0005] ここで、ハウリングの発生は、スピーカ103からの拡声音音が再びマイクロホン101に混入することによる伝達系のループのゲインが1倍を超える周波数で発生する。したがって、拡声のレベルを高く保ちながらハウリングを抑制するために、特にループゲインが1倍を超える周波数帯域のみに信号レベルの減衰を与える。この減衰を与える

周波数帯域は、上記拡声装置を設置した音場に応じて予め調整する。また、上記拡声装置の使用時にマイクロホン101の位置などによって音場の環境が変化するため、ハウリング発生の状態をハウリング検出部104で検出して、随時、振幅周波数特性補正部105が減衰させる周波数帯域を制御することで、より汎用性のある拡声装置を実現している。

[0006] 図8は、特許文献2で開示されたハウリングキャンセル装置の構成を示すブロック図である。図8において、ハウリングキャンセル装置は、マイクロホン101、スピーカ103、信号減算部107、適応フィルタ部108、および信号増幅部109を備えている。

[0007] 次に、上記従来のハウリングキャンセル装置の動作を説明する。ハウリングキャンセル装置では、マイクロホン101から入力された音声信号が信号減算部107に入力され、信号減算部107は、当該音声信号と適応フィルタ部108からの出力信号との減算を行う。信号減算部107は、減算した出力信号を信号増幅部109に出力する。そして、信号増幅部106は、入力した出力信号を増幅してスピーカ103から音声信号に応じた音声音が音場に拡声される。また、適応フィルタ部108は、信号増幅部109からの出力信号と信号減算部107からの出力信号とに基づいて、スピーカ103から拡声された拡声音音がマイクロホン101に入るまでの音場の伝達特性(スピーカ103の伝達特性およびマイクロホン101の伝達特性)を推定し、スピーカ103からマイクロホン101に混入する拡声音の擬似エコーを信号減算部107に出力する。したがって、信号減算部107は、スピーカ103からの拡声音がマイクロホン101に回り込む成分を、適応フィルタ部108によって生成された擬似エコーでキャンセルするため、ハウリングループが遮断されてハウリング抑圧効果が得られる。

特許文献1:特許第3152160号公報

特許文献2:特許第2560923号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、上記特許文献1で開示された拡声装置の構成では、ハウリングが発生する周波数帯域を減衰させるため、拡声すべき音声に劣化を与えてしまう。また、上記拡声装置では、ある限られた周波数帯域に対してハウリング抑制効果が得られ

ることから、拡声レベルを上げるまでの大きなハウリングマージンを得ることが難しい。

[0009] また、上記特許文献2で開示されたハウリングキャンセル装置の構成では、理論的には適応フィルタ部108によってハウリングループをキャンセルすることができるため、大きなハウリングマージンを得ることが可能である。しかしながら、実際の音場では、室内の温度変化やマイクロホン101の位置の移動等によって音場の伝達系の変動が生じる。このような変動には、適応フィルタ部108の適応速度が追従できないため実用上で安定性に問題があり、結果として十分なハウリングマージンを得ることが困難である。

[0010] それ故に、本発明の目的は、動作安定性を確保しながら広い周波数帯域を対象としてハウリングマージンを大きく改善することが可能となるハウリング抑圧装置、ハウリング抑圧プログラム、集積回路、およびハウリング抑圧方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0011] 上記のような目的を達成するために、本発明は、以下に示すような特徴を有している。

第1の局面は、第1のマイクロホンから收音された目的音を増幅部で増幅してスピーカから拡声音として拡声するときが発生するハウリングを抑圧するハウリング抑圧装置である。ハウリング抑圧装置は、第1のパワースペクトル情報生成部、第2の音響信号取得手段、第2のパワースペクトル情報生成部、および抑圧フィルタ部を備える。第1のパワースペクトル情報生成部は、第1のマイクロホンが收音して出力する第1の音響信号に応じた第1のパワースペクトルを生成する。第2の音響信号取得手段は、少なくとも拡声音を含み、かつ目的音を含まない音響に関する第2の音響信号を取得する。第2のパワースペクトル情報生成部は、第2の音響信号に応じた第2のパワースペクトルを生成する。抑圧フィルタ部は、第1のパワースペクトルおよび第2のパワースペクトルに基づいて、第1の音響信号をフィルタリングして目的音に関する音響信号のみを増幅部に出力する。

[0012] 第2の局面は、上記第1の局面において、第2の音響信号取得手段は、第1のマイクロホンおよびスピーカが配置された音場に設置され、目的音を收音せずその音場の拡声音を少なくとも收音して第2の音響信号を出力する第2のマイクロホンである。

- [0013] 第3の局面は、上記第1の局面において、第2の音響信号取得手段は、増幅部からスピーカに接続する配線と第2のパワースペクトル情報生成部とを接続することによって、その増幅部から出力される信号を第2の音響信号として第2のパワースペクトル情報生成部へ出力する。
- [0014] 第4の局面は、上記第1の局面において、ハウリング抑圧装置は、信号間遅延検出部および信号遅延部を、さらに備える。信号間遅延検出部は、第1のマイクロホンから出力される第1の音響信号と第2の音響信号との間の遅延時間を検出する。信号遅延部は、信号間遅延検出部が検出した遅延時間に応じて、第2の音響信号を遅延させて第2のパワースペクトル情報生成部に入力させる。
- [0015] 第5の局面は、上記第1の局面において、ハウリング抑圧装置は、学習制御部、比率記憶部、およびスペクトル比推定部を、さらに備える。学習制御部は、第1の音響信号および第2の音響信号に基づいて、第1のマイクロホンが目的音を收音せず、かつ第2の音響信号が拡声音またはその拡声音の残響音を示している期間を検出し、その期間を示す制御信号を出力する。比率記憶部は、第1のパワースペクトルに対する第2のパワースペクトルの比率を記憶する。スペクトル比推定部は、さらに備え、制御信号が期間を示しているとき、第1のパワースペクトルに対する第2のパワースペクトルの比率を算出し、その比率を用いて比率記憶部に格納された比率を所定の方法で更新する。抑圧フィルタ部は、第1のパワースペクトル、第2のパワースペクトル、および比率記憶部に記憶された比率を用いて、第1の音響信号に混入した目的音以外の音成分を推定し、その第1の音響信号からその音成分を抑圧して目的音に関する音響信号のみを増幅部に出力する。
- [0016] 第6の局面は、上記第5の局面において、学習制御部は、第1の音響信号の信号レベルに対する第2の音響信号の信号レベルの比によって期間を示す制御信号を出力する。スペクトル比推定部は、制御信号が示す信号レベルの比が閾値以上のとき、第1のパワースペクトルに対する第2のパワースペクトルの比率を算出する。
- [0017] 第7の局面は、上記第1の局面において、抑圧フィルタ部は、第1のパワースペクトルおよび第2のパワースペクトルに基づいて、第1の音響信号をウィナーフィルタ法でフィルタリングして目的音に関する音響信号のみを増幅部に出力する。

[0018] 第8の局面は、上記第1の局面において、抑圧フィルタ部は、第1のパワースペクトルおよび第2のパワースペクトルに基づいて、第1の音響信号をスペクトル減算法でフィルタリングして目的音に関する音響信号のみを増幅部に出力する。

[0019] 第9の局面は、第1のマイクロホンから收音された目的音を増幅部で増幅してスピーカから拡声音として拡声するときが発生するハウリングを抑圧するコンピュータで実行されるハウリング抑圧プログラムである。ハウリング抑圧プログラムは、第1のパワースペクトル情報生成ステップ、第2の音響信号取得ステップ、第2のパワースペクトル情報生成ステップ、および抑圧ステップを、コンピュータに実行させる。第1のパワースペクトル情報生成ステップは、第1のマイクロホンが收音して出力する第1の音響信号に応じた第1のパワースペクトルを生成する。第2の音響信号取得ステップは、少なくとも拡声音を含み、かつ目的音を含まない音響に関する第2の音響信号を取得する。第2のパワースペクトル情報生成ステップは、第2の音響信号に応じた第2のパワースペクトルを生成する。抑圧ステップは、第1のパワースペクトルおよび第2のパワースペクトルに基づいて、第1の音響信号をフィルタリングして目的音に関する音響信号のみを増幅部に出力する。

[0020] 第10の局面は、第1のマイクロホンから收音された目的音を増幅部で増幅してスピーカから拡声音として拡声するときが発生するハウリングを抑圧する集積回路である。集積回路は、第1のパワースペクトル情報生成部、第2のパワースペクトル情報生成部、および抑圧フィルタ部を備える。第1のパワースペクトル情報生成部は、第1のマイクロホンが收音して出力する第1の音響信号を入力として、その第1の音響信号に応じた第1のパワースペクトルを生成する。第2のパワースペクトル情報生成部は、少なくとも拡声音を含み、かつ目的音を含まない音響に関する第2の音響信号を入力として、その第2の音響信号に応じた第2のパワースペクトルを生成する。抑圧フィルタ部は、第1のパワースペクトルおよび第2のパワースペクトルに基づいて、入力した第1の音響信号をフィルタリングして目的音に関する音響信号のみを増幅部に出力する。

[0021] 第11の局面は、第1のマイクロホンから收音された目的音を増幅部で増幅してスピーカから拡声音として拡声するときが発生するハウリングを抑圧するハウリング抑圧方

法である。ハウリング抑圧方法は、第1のパワースペクトル情報生成ステップ、第2の音響信号取得ステップ、第2のパワースペクトル情報生成ステップ、および抑圧ステップを含む。第1のパワースペクトル情報生成ステップは、第1のマイクロホンが收音して出力する第1の音響信号に応じた第1のパワースペクトルを生成する。第2の音響信号取得ステップは、少なくとも拡声音を含み、かつ目的音を含まない音響に関する第2の音響信号を取得する。第2のパワースペクトル情報生成ステップは、第2の音響信号に応じた第2のパワースペクトルを生成する。抑圧ステップは、第1のパワースペクトルおよび第2のパワースペクトルに基づいて、第1の音響信号をフィルタリングして目的音に関する音響信号のみを増幅部に出力する。

#### 発明の効果

- [0022] 上記第1の局面によれば、第1のマイクロホンに混入する拡声音成分や残響音成分を雑音抑圧の仕組みによって抑圧することが可能となる。具体的には、スピーカからの拡声音が第1のマイクロホンに再び入る音の成分が抑圧フィルタ部で抑圧されることによりフィードバックループが切断され、ハウリングを抑制する効果が得られる。そして、従来の適応フィルタ方式等とは異なりハウリング抑圧にパワースペクトルを用いているため、位相情報を用いていないことから位相の変化に対して安定に動作し、第1のマイクロホンの移動や音場の環境変化等に対してロバストであり、安定したハウリング抑圧効果を実現することができる。
- [0023] 上記第2の局面によれば、第1のマイクロホンとは別の第2のマイクロホンを用いて、容易に第2の音響信号を得ることができる。例えば、目的音を発する話者や楽器から十分な距離だけ離れた位置に第2のマイクロホンを設置したり、指向性の高いマイクを用いてその指向性の死角が目的音を発する話者や楽器の位置となるように第2のマイクロホンを設置したりすることによって、容易に第2の音響信号を得ることができる。
- [0024] 上記第3の局面によれば、増幅部からスピーカへの出力を前記第2のパワースペクトル情報生成部に直結することによって、容易に第2の音響信号を得ることができ、第1のマイクロホンとは別のマイクを備えることが不要となる。
- [0025] 上記第4の局面によれば、スピーカで拡声された拡声音が第1のマイクロホンに到

来するまでの時間が抑圧処理に対して無視できない時間差を持つとき、信号間の時間差を補正することによってハウリングの抑圧性能を維持することができる。

[0026] 上記第5の局面によれば、第1のマイクロホンが目的音を收音していないがスピーカから拡声音が拡声されている状態におけるパワースペクトルの比率を用いて、目的音に拡声音や残響音が混入した第1のパワースペクトルから不要な音成分を除去した目的音のみのパワースペクトルを得ることができる。そして、これらの関係を用いて、抑圧フィルタ部は、第1の音響信号から目的音のみの音響信号を抽出することができる。

[0027] 上記第6の局面によれば、第1の音響信号の信号レベルに対する第2の音響信号の信号レベルの比を制御信号で表すことによって、その信号レベルから第1のマイクロホンが目的音を收音していないがスピーカから拡声音が拡声されている状態を容易に示すことができる。

[0028] 上記第7および第8の局面によれば、第1および第2のパワースペクトルに基づいたウィナーフィルタ法またはスペクトル減算法を用いて、適切に第1の音響信号をフィルタリングして目的音のみの音響信号を抽出することができる。

[0029] また、本発明のハウリング抑圧プログラム、集積回路、およびハウリング抑圧方法によれば、上述したハウリング抑圧装置と同様の効果を得ることができる。

#### 図面の簡単な説明

[0030] [図1]図1は、本発明の第1の実施形態に係るハウリング抑圧装置のブロック図である。

[図2]図2は、図1のハウリング抑圧装置に入力する出力信号 $x_1(n)$ および出力信号 $x_2(n)$ と、出力 $x_2(n)/x_1(n)$ との時系列的な関係を説明するための図である。

[図3]図3は、本発明の第2の実施形態に係るハウリング抑圧装置のブロック図である。

[図4]図4は、図3のハウリング抑圧装置に入力する出力信号 $x_1(n)$ および出力信号 $x_2(n)$ と、出力 $x_2(n)/x_1(n)$ との時系列的な関係を説明するための図である。

[図5]図5は、本発明の第3の実施形態に係るハウリング抑圧装置のブロック図である。

[図6]図6は、図5のハウリング抑圧装置に入力する出力信号 $x1(n)$ および出力信号 $x2(n)$ と、出力 $x2(n)/x1(n)$ との時系列的な関係を説明するための図である。

[図7]図7は、従来の拡声装置の一例の構成を示すブロック図である。

[図8]図8は、従来の拡声装置の他の例の構成を示すブロック図である。

### 符号の説明

- [0031] 1…第1のマイクロホン  
2…第2のマイクロホン  
3…スピーカ  
4…雑音抑圧部  
41…第1の信号パワースペクトル推定部  
42…第2の信号パワースペクトル推定部  
43…雑音抑圧フィルタ係数算出部  
44…雑音抑圧フィルタ部  
45…学習制御部  
46…スペクトル比推定部  
461…比率記憶部  
5…信号増幅部  
61…信号遅延部  
62…信号間遅延検出部

### 発明を実施するための最良の形態

#### [0032] (第1の実施形態)

図1を参照して、本発明の第1の実施形態に係るハウリング抑圧装置について説明する。なお、図1は、当該ハウリング抑圧装置のブロック図である。

- [0033] 図1において、当該ハウリング抑圧装置は、第1のマイクロホン1、第2のマイクロホン2、スピーカ3、雑音抑圧部4、および信号増幅部5を備えている。そして、雑音抑圧部4は、第1の信号パワースペクトル推定部41、第2の信号パワースペクトル推定部42、雑音抑圧フィルタ係数算出部43、雑音抑圧フィルタ部44、学習制御部45、およびスペクトル比推定部46を含んでいる。



[0034] 第1のマイクロホン1は、スピーカ3から拡声するための音を主として收音して音声信号を生成する。なお、第1のマイクロホン1が收音する音は、例えば、話者が話す肉声や演奏された楽器から発せられる原音であり、以下、このようなスピーカ3から拡声するための音を目的音と記載する。一方、第2のマイクロホン2は、主としてスピーカ3からの拡声音を收音して音声信号を生成する。雑音抑圧部4は、第1のマイクロホン1からの出力信号(音声信号) $x1(n)$ と第2のマイクロホン2からの出力信号(音声信号) $x2(n)$ とをそれぞれ入力として、2つの出力信号 $x1(n)$ および $x2(n)$ のパワースペクトルに基づいて、第1のマイクロホン1に混入するスピーカ3からの拡声音の成分を抑圧して出力する。そして、信号増幅部5は、雑音抑圧部4から出力された信号を入力として信号の増幅を行いスピーカ3に出力する。

[0035] 第1の信号パワースペクトル推定部41は、第1のマイクロホン1からの出力信号 $x1(n)$ を入力として出力信号 $x1(n)$ のパワースペクトル $Px1(\omega)$ を算出する。第2の信号パワースペクトル推定部42は、第2のマイクロホン2からの出力信号 $x2(n)$ を入力として出力信号 $x2(n)$ のパワースペクトル $Px2(\omega)$ を算出する。学習制御部45は、第1のマイクロホン1からの出力信号 $x1(n)$ と第2のマイクロホン2からの出力信号 $x2(n)$ とを入力として、上記目的音が收音されず、かつ、スピーカ3からの拡声音が音場に残響音として残存している音を收音している時間帯を検出して、当該時間帯を示す学習制御信号 $Sc$ を出力する。スペクトル比推定部46は、比率記憶部461を含んでいる。スペクトル比推定部46は、学習制御部45からの学習制御信号 $Sc$ と、第1の信号パワースペクトル推定部41からのパワースペクトル $Px1(\omega)$ と、第2の信号パワースペクトル推定部42からのパワースペクトル $Px2(\omega)$ とを入力として、スピーカ3から出力された信号成分に対する2つのパワースペクトル $Px1(\omega)$ および $Px2(\omega)$ 間のパワースペクトル比 $Hr(\omega)$ を求め、比率記憶部461に格納されたパワースペクトル比を更新する。雑音抑圧フィルタ係数算出部43は、第1の信号パワースペクトル推定部41からのパワースペクトル $Px1(\omega)$ と、第2の信号パワースペクトル推定部42からのパワースペクトル $Px2(\omega)$ とを入力として、比率記憶部461に格納されたパワースペクトル比 $Hr(\omega)$ に基づいて、雑音抑圧フィルタの伝達特性 $W(\omega)$ やフィルタ係数 $hw(n)$ を算出する。そして、雑音抑圧フィルタ部44は、雑音抑圧フィルタ係数算出

部43からの伝達特性 $W(\omega)$ やフィルタ係数 $hw(n)$ と第1のマイクロホン1からの出力信号 $x1(n)$ とを入力として、出力信号 $x1(n)$ をフィルタリングして信号増幅部5へ出力する。

- [0036] 次に、第1の実施形態に係るハウリング抑圧装置の動作について説明する。図1において、雑音抑圧部4は、第1のマイクロホン1のみに入力される上記目的音を通過させるが、第1のマイクロホン1および第2のマイクロホン2の双方で收音される音響信号を雑音成分として抑圧する仕組みを用いている。第1のマイクロホン1および第2のマイクロホン2は、このような方式が実現するように設置される。具体的には、第1のマイクロホン1は、目的音を発する話者口元や楽器との距離が近接した状態で使用することによって、主に当該目的音を收音する。一方、第2のマイクロホン2は、第1のマイクロホン1およびスピーカ3が配置された音場と同じ音場内で、上記目的音を收音せずに拡声音および残響音を收音する位置に設置される。ここで、拡声音は、スピーカ3から拡声された音波が直接マイクロホンに入射する直接波成分であり、残響音は、スピーカ3から拡声された音波が音場内で反射して時間的に遅延してマイクロホンに入射する残響成分である。以下、これらの成分をそれぞれ拡声音および残響音として説明する。例えば、第2のマイクロホン2は、目的音を発する話者や楽器から十分な距離だけ離れた位置に設置したり、指向性の高いマイクを用いてその指向性の死角が上記目的音を発する話者や楽器の位置となるように設置したりする。なお、第2のマイクロホン2として指向性の高いマイクを用いるとき、目的音を発する話者や楽器を指向性の死角にすれば、第1のマイクロホン1と第2のマイクロホン2とは近接した位置に設置してもかまわない。また、第2のマイクロホン2をスピーカ3の正面に近接させて設置してもかまわない。このように、第1のマイクロホン1および第2のマイクロホン2を設置することによって、話者の発声音や楽器音等の目的音が第1のマイクロホン1にのみ收音される。一方、スピーカ3からの拡声音や残響音は、その用途目的から広い範囲に十分な音圧を伝えるため、第1および第2のマイクロホン1および2にそれぞれ收音されることになる。したがって、話者からの発声音等を目的音とし、スピーカ3からの拡声音や残響音を雑音成分として処理すればハウリング抑圧効果が得られる。以下、より詳細な処理例を示す。

[0037] 上述したように、第1のマイクロホン1から出力信号 $x1(n)$ および第2のマイクロホン2から出力信号 $x2(n)$ がそれぞれ出力されるとき、第1の信号パワースペクトル推定部41から出力信号 $x1(n)$ のパワースペクトル $Px1(\omega)$ および第2の信号パワースペクトル推定部42から出力信号 $x2(n)$ のパワースペクトル $Px2(\omega)$ が出力される。一方、拡声システム内の信号処理遅延や第1のマイクロホン1および第2のマイクロホン2とスピーカ3との位置や音速等の関係で、第1のマイクロホン1に対して話者が発声をしていない(つまり、收音していない)が第2のマイクロホン2がスピーカ3から拡声音を收音している状態が生じる。また、第1のマイクロホン1に対して話者が発声していないがスピーカ3からの拡声音が室内に残響音として残存している状態が生じる。本発明では、これらの状態を検出してハウリング抑制処理に用いる。これは、スペクトル比推定部46で推定するスペクトル比は、打ち消すべきスピーカ3からの拡声音に対するものを求める必要があるためである。

[0038] 学習制御部45は、第1のマイクロホン1が目的音を收音していないが第2のマイクロホン2がスピーカ3から拡声音等を收音している期間(以下、学習期間と記載する)を検出し、当該学習期間を示す学習制御信号 $Sc$ を出力する。例えば、学習制御部45は、 $x2(n)/x1(n)$ をアナログ出力して学習制御信号 $Sc$ とする。

[0039] 例えば、図2に示すように、第1のマイクロホン1は、目的音を收音(現実には、目的音に拡声音および残響音が重畳されている)した後に拡声音および/または残響音を收音して出力信号 $x1(n)$ を出力する。一方、第2のマイクロホン2は、上記目的音の收音開始タイミングに対して、拡声システム内の信号処理時間分の遅延して拡声音(ここでは、スピーカ3からの拡声音が第2のマイクロホン2に入る直接波成分をいう)を收音(現実には、拡声音に残響音が重畳されている)した後に残響音(ここでは、スピーカ3からの拡声音が第2のマイクロホン2に入る残響成分をいう)のみを收音して出力信号 $x2(n)$ を出力する。ここで、第1のマイクロホン1および第2のマイクロホン2は、目的音や拡声音等を收音していないときでも、何らかのノイズを收音することが一般的である。つまり、出力信号 $x1(n)$ および $x2(n)$ は、0とはならない。したがって、アナログ出力 $x2(n)/x1(n)$ を学習制御信号 $Sc$ とすることによって、アナログ出力 $x2(n)/x1(n)$ のレベルが急激に上昇した期間(図示T期間)を上記学習期間であ

ると判断することができる。図2に示したT期間の一例では、第1のマイクロホン1が目的音を收音せずに拡声音および／または残響音を收音しており、第2のマイクロホン2が拡声音および残響音を收音している期間である。また、アナログ出力 $x_2(n)/x_1(n)$ のレベルに応じて、後述する学習レベルを変化させてもかまわない。

[0040] スペクトル比推定部46は、パワースペクトル $P_{x1}(\omega)$ および $P_{x2}(\omega)$ が信号として入力され、学習制御信号 $S_c$ が学習を行うこと示す信号(つまり、上記学習期間を示す信号)を出力しているときにのみ、比率記憶部461に格納されているパワースペクトル比を用いてパワースペクトル比 $H_r(\omega)$ の平均操作を行う。例えば、スペクトル比推定部46は、学習制御信号 $S_c$ がアナログ出力 $x_2(n)/x_1(n)$ である場合、当該学習制御信号 $S_c$ の信号レベルが所定の閾値以上のときのみ、パワースペクトル比 $H_r(\omega)$ の平均操作を行う。そして、スペクトル比推定部46は、比率記憶部461に格納されたパワースペクトル比を更新する。ここで、スペクトル比推定部46は、パワースペクトル比 $H_r(\omega)$ を

$$H_r(\omega) = \varepsilon \{P_{x1}(\omega)/P_{x2}(\omega)\} \cdots (1)$$

で求める。ただし、 $\varepsilon \{\cdot\}$ は、平均を表している。この様にして、スペクトル比推定部46は、スピーカ3から拡声された拡声音および残響音に関する(つまり、目的音を含まない)第1および第2のマイクロホン1および2からの出力信号 $x_1(n)$ および $x_2(n)$ のパワースペクトル比 $H_r(\omega)$ を推定する。

[0041] そして、雑音抑圧フィルタ係数算出部43は、例えば、

$$W(\omega) = \{P_{x1}(\omega) - H_r(\omega) \cdot P_{x2}(\omega)\} / P_{x1}(\omega) \cdots (2)$$

として雑音抑圧フィルタの伝達係数 $W(\omega)$ を算出する。ここで、 $H_r(\omega)$ は、スペクトル比推定部46が更新して比率記憶部461に格納しているパワースペクトル比である。

[0042] 上記式(2)の分子第1項 $P_{x1}(\omega)$ は、第1のマイクロホン1からの信号のパワースペクトルであり、目的音(例えば、話者音声)にスピーカ3からの拡声音や残響音が混入したスペクトル成分を持っている。また、式(2)の分子第2項の $H_r(\omega) \cdot P_{x2}(\omega)$ では、主としてスピーカ3からの拡声音を收音する第2のマイクロホン2のパワースペクトル $P_{x2}(\omega)$ にパワースペクトル比 $H_r(\omega)$ を乗算することで、パワースペクトル $P_{x2}(\omega)$

に応じて第1のマイクロホン1のパワースペクトル $P_{x1}(\omega)$ に混入する拡声音成分や残響音成分の推定値を得ている。したがって、式(2)の分子全体の演算によって、目的音に拡声音や残響音が混入したパワースペクトル $P_{x1}(\omega)$ から上記推定値 $H_r(\omega) \cdot P_{x2}(\omega)$ が除去され、目的音のみのパワースペクトル $S(\omega)$ が求められることになる。

[0043] ここで、上記式(2)は、いわゆるウィナーフィルタの理論に基づく雑音抑圧フィルタの式であるところの、

$$W(\omega) = \text{目的音信号パワースペクトル} / \text{入力信号パワースペクトル}$$

の形をとっている。したがって、雑音抑圧フィルタ部44は、第1のマイクロホン1からの出力信号 $x_1(n)$ に上記伝達係数 $W(\omega)$ を乗算することで、目的音のみの音響信号を抽出することができる。

[0044] また、雑音抑圧フィルタ係数算出部43は、伝達係数 $W(\omega)$ を逆フーリエ変換行ったり、伝達係数 $W(\omega)$ を目標周波数特性とするフィルタ設計法を適用したりするなどして、フィルタ係数 $h_w(n)$ を求めてもかまわない。この場合、雑音抑圧フィルタ部44は、雑音抑圧フィルタ係数算出部43が算出したフィルタ係数 $h_w(n)$ を用いてフィルタリングする。具体的には、雑音抑圧フィルタ部44は、第1のマイクロホン1からの出力信号 $x_1(n)$ に対してフィルタ係数 $h_w(n)$ を用いてフィルタリングし、第1のマイクロホン1に混入する拡声音成分を除去して、目的信号成分のみを抽出して信号増幅部5へ出力する。

[0045] このように、第1の実施形態に係るハウリング抑圧装置では、第1のマイクロホン1に混入する拡声音成分や残響音成分を雑音抑圧の仕組みによって抑圧することが可能となる。具体的には、スピーカ3からの拡声音が第1のマイクロホン1に再び入る音の成分が雑音抑圧部4で抑圧されることによりフィードバックループが切断され、ハウリングを抑制する効果が得られる。そして、上記ハウリング抑圧装置が用いる方式は、従来の適応フィルタ方式等とは異なり、パワースペクトルを用いて雑音抑圧を行う。つまり、雑音抑圧に位相情報を用いていないことから位相の変化に対して安定に動作するため、第1のマイクロホン1の移動や音場の環境変化等に対してロバストであり、安定したハウリング抑圧効果を実現することができる。

[0046] なお、雑音抑圧部4については、上述したウィナーフィルタの理論に基づいた方式で雑音抑圧を行ったが、他の方式で雑音抑圧を行ってもかまわない。例えば、目的音のパワースペクトルと非目的音のパワースペクトルとの関係に基づいて、第1のマイクロホン1からの入力信号 $x1(n)$ から目的音のみを抽出する方式として、例えばスペクトル減算法などを用いてもかまわない。

[0047] (第2の実施形態)

次に、図3を参照して、本発明の第2の実施形態に係るハウリング抑圧装置について説明する。なお、図3は、当該ハウリング抑圧装置のブロック図である。

[0048] 図3において、第2の実施形態に係るハウリング抑圧装置は、第1の実施形態に対して第2のマイクロホン2を省略し、信号増幅部5からの出力信号を第2のマイクロホン2からの出力信号として用いている。第2の実施形態における他の構成要素については、第1の実施形態と同様であるため、同一の参照符号を付して詳細な説明を省略する。

[0049] 次に、第2の実施形態に係るハウリング抑圧装置の動作について説明する。図3において、上述したように当該ハウリング抑圧装置において第1の実施形態と異なる動作は、第2のマイクロホン2からの出力信号の代わりに、信号増幅部5からの出力信号を用いる点であり、信号増幅部5からの出力信号を出力信号 $x2(n)$ とすれば、第1の実施形態と同様の動作で本発明を実現可能である。

[0050] 例えば、図4に示すように、第1のマイクロホン1は、目的音を收音(現実には、目的音に拡声音および残響音が重畳されている)した後に拡声音および／または残響音を收音して出力信号 $x1(n)$ を出力する。一方、信号増幅部5からの出力信号 $x2(n)$ は、上記目的音の收音期間に対して、拡声システム内の信号処理時間分だけ遅延した拡声音信号を出力する。ここで、第2の実施形態では、信号増幅部5からの出力信号を用いるために残響音についてのレベルが出力信号 $x2(n)$ には現れない。しかしながら、アナログ出力 $x2(n)/x1(n)$ を学習制御信号 $Sc$ とすることによって、アナログ出力 $x2(n)/x1(n)$ のレベルが急激に上昇した期間(図示T期間)を、上記学習期間であると判断することができる。例えば、図4に示したT期間の一例では、第1のマイクロホン1が目的音を收音せずに拡声音および／または残響音を收音しており、

信号増幅部5から拡声音信号を出力している期間である。

[0051] そして、第1の実施形態で用いた式(2)の分子第1項 $P_{x1}(\omega)$ は、第2の実施形態でも第1のマイクロホン1からの信号のパワースペクトルであり、目的音(例えば、話者音声)にスピーカ3からの拡声音や残響音が混入したスペクトル成分を持つ、また、式(2)の分子第2項の $H_r(\omega) \cdot P_{x2}(\omega)$ では、スピーカ3への拡声音信号に基づいたパワースペクトル $P_{x2}(\omega)$ にパワースペクトル比 $H_r(\omega)$ を乗算することで、パワースペクトル $P_{x2}(\omega)$ に応じて第1のマイクロホン1のパワースペクトル $P_{x1}(\omega)$ に混入する拡声音成分や残響音成分の推定値を得ることができる。したがって、第2の実施形態でも、式(2)の分子全体の演算によって、目的音に拡声音や残響音が混入したパワースペクトル $P_{x1}(\omega)$ から上記推定値 $H_r(\omega) \cdot P_{x2}(\omega)$ が除去され、目的音のみのパワースペクトル $S(\omega)$ が求められることになる。

[0052] つまり、話者の発声音等が目的音となり、スピーカ3からの拡声音が雑音抑圧部4の2つの入力(つまり、第1のマイクロホン1からの出力信号 $x1(n)$ と信号増幅部5からの出力信号 $x2(n)$ )に入力されることから雑音として抑圧される。なお、第2の実施形態に係るハウリング抑圧装置の基本的な動作は、第1の実施形態と同様であるのでこれ以上の詳細な説明を省略する。このように、第2の実施形態では、第2のマイクロホン2を省略してシステムを構成することができる。

[0053] (第3の実施形態)

次に、図5を参照して、本発明の第3の実施形態に係るハウリング抑圧装置について説明する。なお、図5は、当該ハウリング抑圧装置のブロック図である。

[0054] 図5において、第3の実施形態に係るハウリング抑圧装置は、第2の実施形態に対して信号遅延部61および信号間遅延検出部62を設けている。第3の実施形態における他の構成要素については、第2の実施形態と同様であるため、同一の参照符号を付して詳細な説明を省略する。

[0055] 図5において、信号間遅延検出部62は、第1のマイクロホン1からの出力信号 $x1(n)$ と信号増幅部5から出力信号 $x2(n)$ とを入力として、それぞれの信号間における時間遅延を算出する。信号遅延部61は、信号間遅延検出部62で検出された信号遅延時間と信号増幅部5からの出力信号 $x2(n)$ を入力として、信号増幅部5からの出

力信号 $x_2(n)$ を算出された遅延時間だけ遅らせて第2の信号パワースペクトル推定部42および学習制御部45へ出力する。

- [0056] 次に、第3の実施形態に係るハウリング抑圧装置の動作について説明する。本来、適応フィルタを用いたハウリング抑圧方式に比較して、雑音抑圧部4は、位相情報を用いずに雑音抑圧をするために信号間の時間差に影響されにくい、非常に大きな時間差はパワースペクトル分析の分析窓の範囲において信号間の相関が失われる。したがって、大きな信号間の時間差が予想される環境では、時間遅延を補正する必要がある。
- [0057] スピーカ3で拡声された拡声音が第1のマイクロホン1に到来するまでの時間は、その距離を伝達する音速に応じて遅延する。例えば、広い空間で当該ハウリング抑圧装置を使った場合、信号増幅部5からの出力信号に対して、第1のマイクロホン1で收音された拡声音の信号が雑音抑圧部4の処理に対して無視できない時間差を持つことがあるため、信号間遅延検出部62によって遅延時間を検出し、信号遅延部61によって、信号間の時間差を補正することで、ハウリングの抑圧性能を改善することができる。
- [0058] 具体的には、信号間遅延検出部62は、第1のマイクロホン1からの出力信号 $x_1(n)$ と信号増幅部5から出力信号 $x_2(n)$ とに関する相関に基づいて時間遅延を検出する。例えば、信号間遅延検出部62は、出力信号 $x_1(n)$ と出力信号 $x_2(n)$ との間において、パワーのエンベロープを用いた相関をとり、相関係数が最も高くなる両者間の時間差を遅延時間とする。そして、信号遅延部61は、信号間遅延検出部62が検出した遅延時間だけ出力信号 $x_2(n)$ を遅延させて第2の信号パワースペクトル推定部42および学習制御部45へ出力する。
- [0059] 例えば、図6に示すように、第1のマイクロホン1は、目的音を收音した後、上述した時間差を経て拡声音および／または残響音を收音して出力信号 $x_1(n)$ を出力する。一方、信号増幅部5からの出力信号 $x_2(n)$ は、上記目的音の收音期間に対して、拡声システム内の信号処理時間分だけ遅延した拡声音信号を出力する。ここで、第3の実施形態では、信号増幅部5からの出力信号を用いるために残響音についてのレベルが出力信号 $x_2(n)$ には現れない。なお、図6における破線は、信号遅延部61が



遅延させる前の出力信号 $x_2(n)$ を示している。

- [0060] このような場合、信号間遅延検出部62は、出力信号 $x_2(n)$ に現れた拡声音信号に対応して第1のマイクロホン1に收音された拡声音および／または残響音を、上述した相関によって検出する。信号間遅延検出部62は、相関によって検出された両者の時間差を上記遅延時間とする。そして、信号遅延部61は、信号間遅延検出部62が算出した遅延時間だけ出力信号 $x_2(n)$ を遅延させて第2の信号パワースペクトル推定部42および学習制御部45へ出力する。なお、上記遅延時間は、音場の環境変化（例えば、第1のマイクロホン1の移動）によって変化するため、信号間遅延検出部62は、適宜、当該遅延時間を調整する。
- [0061] 学習制御部45は、第1および第2の実施形態と同様に、アナログ出力 $x_2(n)/x_1(n)$ を学習制御信号 $S_c$ とすることによって、アナログ出力 $x_2(n)/x_1(n)$ のレベルが急激に上昇した期間（図示T期間）を上記学習期間として示すことができる。例えば、図6に示したT期間の一例では、第1のマイクロホン1が目的音を收音せずに拡声音および／または残響音を收音しており、信号増幅部5から拡声音信号を出力している期間であり、第2の実施形態と同様の期間を示している。
- [0062] 図5に戻り、第3の実施形態に係るハウリング抑圧装置における第2の実施形態と異なる動作は、第2のマイクロホン2からの出力信号の代わりに、信号増幅部5からの出力信号を上記遅延時間だけ遅延させて用いる点であり、信号増幅部5からの上記遅延時間だけ遅延した出力信号を出力信号 $x_2(n)$ とすれば、第2の実施形態と同様の動作で本発明を実現可能である。つまり、話者の発声音等が目的音となり、スピーカ3からの拡声音が雑音抑圧部4の2つの入力（つまり、第1のマイクロホン1からの出力信号 $x_1(n)$ と信号増幅部5から上記遅延時間だけ遅延させた出力信号 $x_2(n)$ ）に入力されることから雑音として抑圧される。なお、第3の実施形態に係るハウリング抑圧装置の基本的な動作は、第1および第2の実施形態と同様であるのでこれ以上の詳細な説明を省略する。
- [0063] なお、第3の実施形態では、信号増幅部5からの出力信号に対して、第1のマイクロホン1で收音された拡声音の信号が雑音抑圧部4の処理に対して無視できない時間差を持つときに、信号遅延部61によって信号間の時間差を補正するハウリング抑圧

装置を説明したが、第1の実施形態で説明したハウリング抑圧装置(図1参照)でも同様のことがあり得る。例えば、第2のマイクロホン2に対して第1のマイクロホン1がスピーカ3から相対的に極めて遠くに配置されている場合、第2のマイクロホンからの出力信号に対して、第1のマイクロホン1で收音された拡声音の信号が雑音抑圧部4の処理に対して無視できない時間差を持つことがある。このような場合も、第1の実施形態で説明したハウリング抑圧装置に信号遅延部61および信号間遅延検出部62を設け、第2のマイクロホン2からの出力信号を $x2(n)$ として第3の実施形態と同様の処理をして時間遅延すれば、第1の実施形態で説明したハウリング抑圧装置でも上記時間差を補正することができる。

[0064] 上述した第1～第3の実施形態で説明した雑音抑圧部4や信号遅延部61および信号間遅延検出部62は、例えば、出力信号 $x1(n)$ および $x2(n)$ を入力とし、処理結果を信号増幅部5へ出力する一般的なコンピュータシステム等の情報処理装置で実現可能である。この場合、上述した動作をコンピュータに実行させるプログラムを所定の記録媒体に格納し、当該記録媒体に格納されたプログラムをコンピュータが読み出して実行することによって、本発明の実現が可能となる。上記プログラムを記憶する記録媒体は、例えば、ROMまたはフラッシュメモリのような不揮発性半導体メモリやCD-ROM、DVD、あるいはそれらに類する光学式ディスク状記録媒体である。また、プログラムを他の媒体や通信回線を通じて上記情報処理装置に供給してもかまわない。

[0065] また、上述した第1～第3の実施形態で説明した雑音抑圧部4や信号遅延部61および信号間遅延検出部62は、例えば、出力信号 $x1(n)$ および $x2(n)$ を入力とし、音声信号処理結果を信号増幅部5へ出力する集積回路でも実現可能である。この場合、上述した機能を果たす電気回路を1つの小型パッケージに集積して、音声信号処理等を行う音声信号処理回路DSP(Digital Signal Processor)等を構成することによって、本発明の実現が可能となる。

#### 産業上の利用可能性

[0066] 本発明のハウリング抑圧装置、ハウリング抑圧プログラム、集積回路、およびハウリング抑圧方法は、マイクロホンによって收音された音響信号をスピーカから拡声する

音響装置に適用可能で、ミキサ、拡声用プロセッサ、拡声アンプなどの一般的な拡声システムの他、会議システムやハンズフリー通話装置等に用いることができる。

## 請求の範囲

- [1] 第1のマイクロホンから收音された目的音を増幅部で増幅してスピーカから拡声音として拡声するときに発生するハウリングを抑圧するハウリング抑圧装置であって、  
前記第1のマイクロホンが收音して出力する第1の音響信号に応じた第1のパワースペクトルを生成する第1のパワースペクトル情報生成部と、  
少なくとも前記拡声音を含み、かつ前記目的音を含まない音響に関する第2の音響信号を取得する第2の音響信号取得手段と、  
前記第2の音響信号に応じた第2のパワースペクトルを生成する第2のパワースペクトル情報生成部と、  
前記第1のパワースペクトルおよび前記第2のパワースペクトルに基づいて、前記第1の音響信号をフィルタリングして前記目的音に関する音響信号のみを前記増幅部へ出力する抑圧フィルタ部とを備える、ハウリング抑圧装置。
- [2] 前記第2の音響信号取得手段は、前記第1のマイクロホンおよび前記スピーカが配置された音場に設置され、前記目的音を收音せず当該音場の前記拡声音を少なくとも收音して前記第2の音響信号を出力する第2のマイクロホンであることを特徴とする、請求項1に記載のハウリング抑圧装置。
- [3] 前記第2の音響信号取得手段は、前記増幅部から前記スピーカに接続する配線と前記第2のパワースペクトル情報生成部とを接続することによって、当該増幅部から出力される信号を前記第2の音響信号として前記第2のパワースペクトル情報生成部へ出力することを特徴とする、請求項1に記載のハウリング抑圧装置。
- [4] 前記ハウリング抑圧装置は、  
前記第1のマイクロホンから出力される前記第1の音響信号と前記第2の音響信号との間の遅延時間を検出する信号間遅延検出部と、  
前記信号間遅延検出部が検出した前記遅延時間に応じて、前記第2の音響信号を遅延させて前記第2のパワースペクトル情報生成部へ入力させる信号遅延部とを、さらに備える、請求項1に記載のハウリング抑圧装置。
- [5] 前記ハウリング抑圧装置は、  
前記第1の音響信号および前記第2の音響信号に基づいて、前記第1のマイクロ

ホンが前記目的音を收音せず、かつ前記第2の音響信号が前記拡声音または当該拡声音の残響音を示している期間を検出し、当該期間を示す制御信号を出力する学習制御部と、

前記第1のパワースペクトルに対する前記第2のパワースペクトルの比率を記憶する比率記憶部と、

前記制御信号が前記期間を示しているとき、前記第1のパワースペクトルに対する前記第2のパワースペクトルの比率を算出し、当該比率を用いて前記比率記憶部に格納された比率を所定の方式で更新するスペクトル比推定部とを、さらに備え、

前記抑圧フィルタ部は、前記第1のパワースペクトル、前記第2のパワースペクトル、および前記比率記憶部に記憶された比率を用いて、前記第1の音響信号に混入した前記目的音以外の音成分を推定し、当該第1の音響信号から当該音成分を抑圧して前記目的音に関する音響信号のみを前記増幅部に出力することを特徴とする、請求項1に記載のハウリング抑圧装置。

[6] 前記学習制御部は、前記第1の音響信号の信号レベルに対する前記第2の音響信号の信号レベルの比によって前記期間を示す制御信号を出力し、

前記スペクトル比推定部は、前記制御信号が示す信号レベルの比が閾値以上のとき、前記第1のパワースペクトルに対する前記第2のパワースペクトルの比率を算出することを特徴とする、請求項5に記載のハウリング抑圧装置。

[7] 前記抑圧フィルタ部は、前記第1のパワースペクトルおよび前記第2のパワースペクトルに基づいて、前記第1の音響信号をウィナーフィルタ法でフィルタリングして前記目的音に関する音響信号のみを前記増幅部に出力することを特徴とする、請求項1に記載のハウリング抑圧装置。

[8] 前記抑圧フィルタ部は、前記第1のパワースペクトルおよび前記第2のパワースペクトルに基づいて、前記第1の音響信号をスペクトル減算法でフィルタリングして前記目的音に関する音響信号のみを前記増幅部に出力することを特徴とする、請求項1に記載のハウリング抑圧装置。

[9] 第1のマイクロホンから收音された目的音を増幅部で増幅してスピーカから拡声音として拡声するときに発生するハウリングを抑圧するコンピュータで実行されるハウリ

ング抑圧プログラムであって、

前記コンピュータに、

前記第1のマイクロホンが收音して出力する第1の音響信号に応じた第1のパワースペクトルを生成する第1のパワースペクトル情報生成ステップと、

少なくとも前記拡声音を含み、かつ前記目的音を含まない音響に関する第2の音響信号を取得する第2の音響信号取得ステップと、

前記第2の音響信号に応じた第2のパワースペクトルを生成する第2のパワースペクトル情報生成ステップと、

前記第1のパワースペクトルおよび前記第2のパワースペクトルに基づいて、前記第1の音響信号をフィルタリングして前記目的音に関する音響信号のみを前記増幅部に出力する抑圧ステップとを実行させる、ハウリング抑圧プログラム。

- [10] 第1のマイクロホンから收音された目的音を増幅部で増幅してスピーカから拡声音として拡声するときに発生するハウリングを抑圧する集積回路であって、

前記第1のマイクロホンが收音して出力する第1の音響信号を入力として、当該第1の音響信号に応じた第1のパワースペクトルを生成する第1のパワースペクトル情報生成部と、

少なくとも前記拡声音を含み、かつ前記目的音を含まない音響に関する第2の音響信号を入力として、当該第2の音響信号に応じた第2のパワースペクトルを生成する第2のパワースペクトル情報生成部と、

前記第1のパワースペクトルおよび前記第2のパワースペクトルに基づいて、入力した前記第1の音響信号をフィルタリングして前記目的音に関する音響信号のみを前記増幅部に出力する抑圧フィルタ部とを備える、集積回路。

- [11] 第1のマイクロホンから收音された目的音を増幅部で増幅してスピーカから拡声音として拡声するときに発生するハウリングを抑圧するハウリング抑圧方法であって、

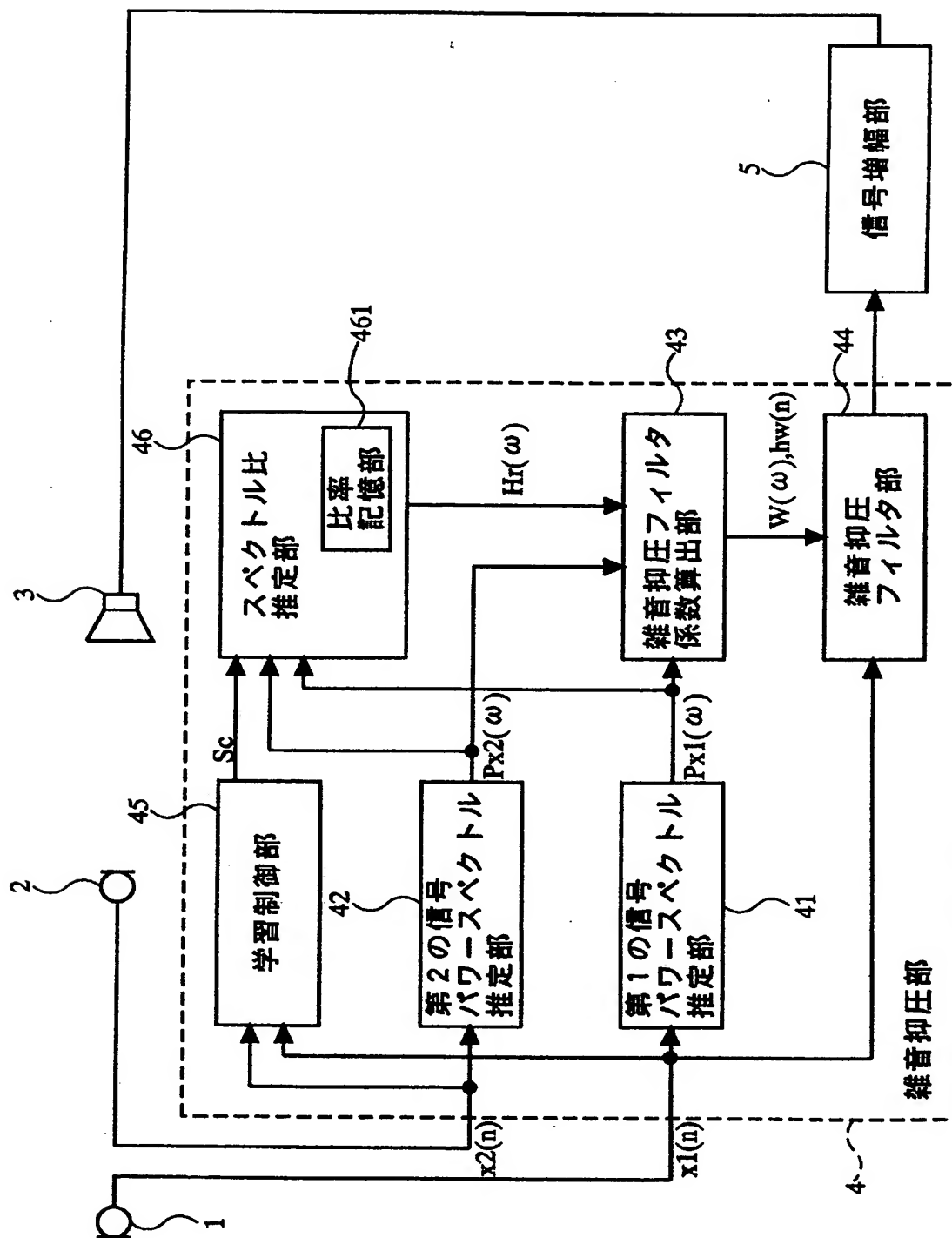
前記第1のマイクロホンが收音して出力する第1の音響信号に応じた第1のパワースペクトルを生成する第1のパワースペクトル情報生成ステップと、

少なくとも前記拡声音を含み、かつ前記目的音を含まない音響に関する第2の音響信号を取得する第2の音響信号取得ステップと、

前記第2の音響信号に応じた第2のパワースペクトルを生成する第2のパワースペクトル情報生成ステップと、

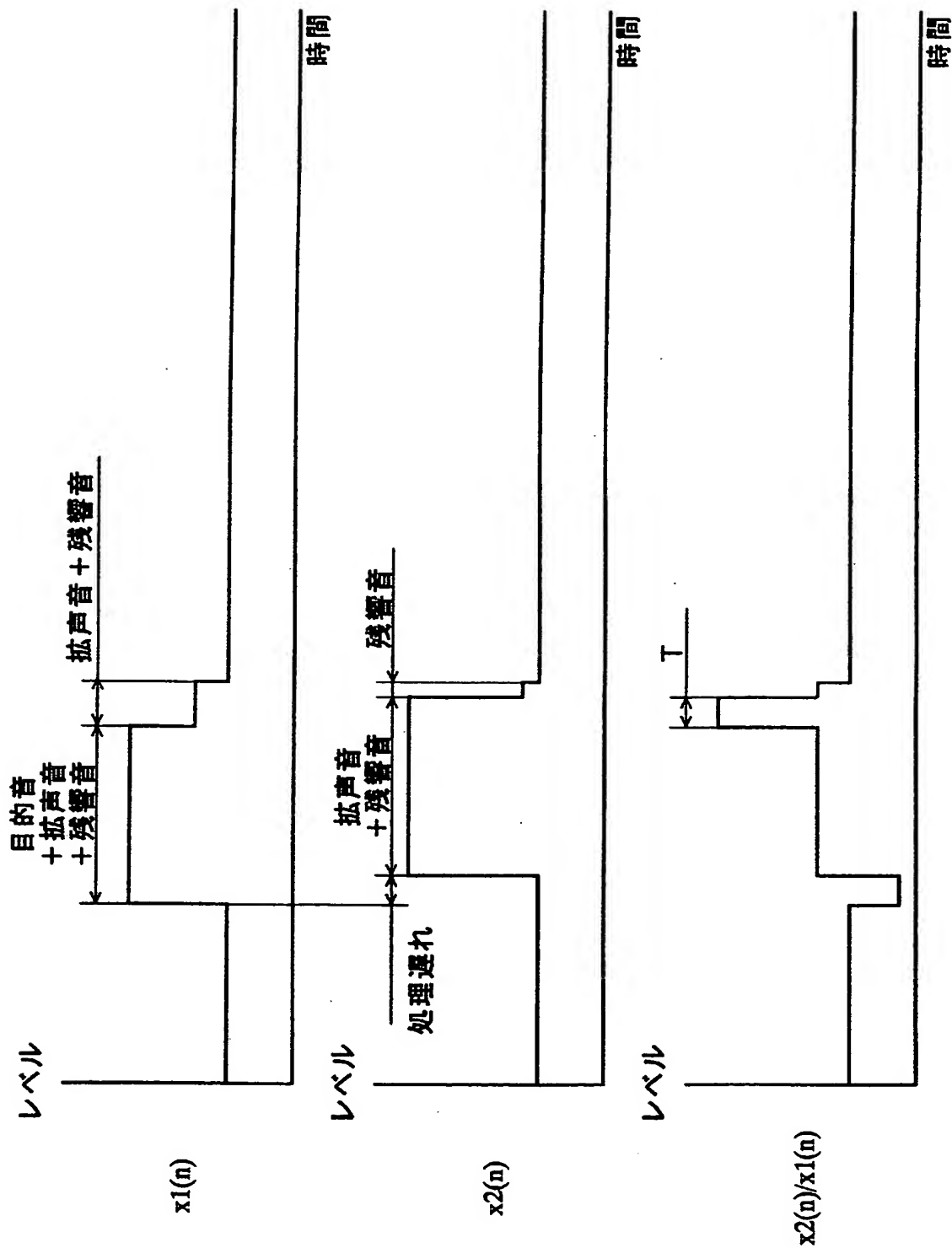
前記第1のパワースペクトルおよび前記第2のパワースペクトルに基づいて、前記第1の音響信号をフィルタリングして前記目的音に関する音響信号のみを前記増幅部に出力する抑圧ステップとを含む、ハウリング抑圧方法。

[図1]

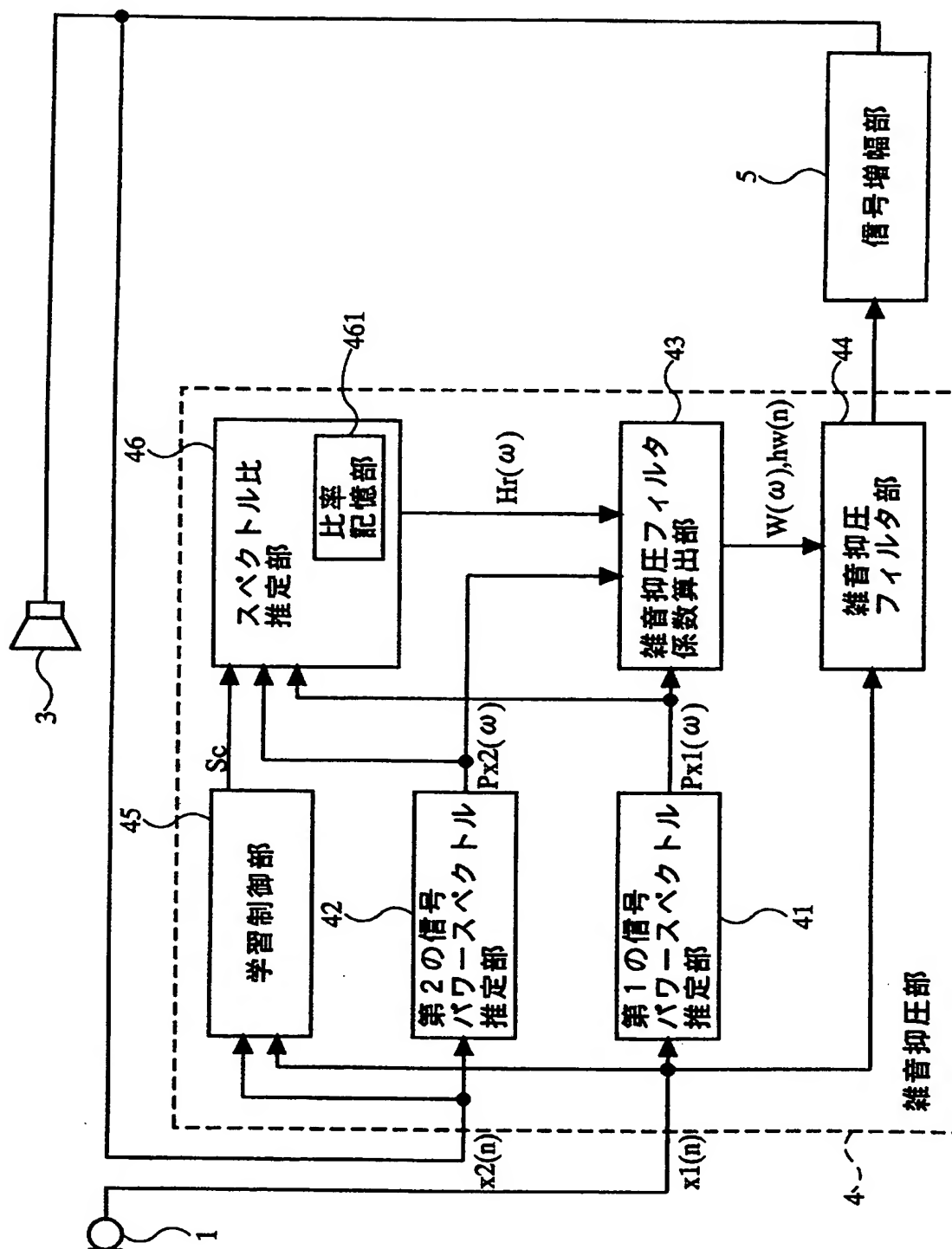




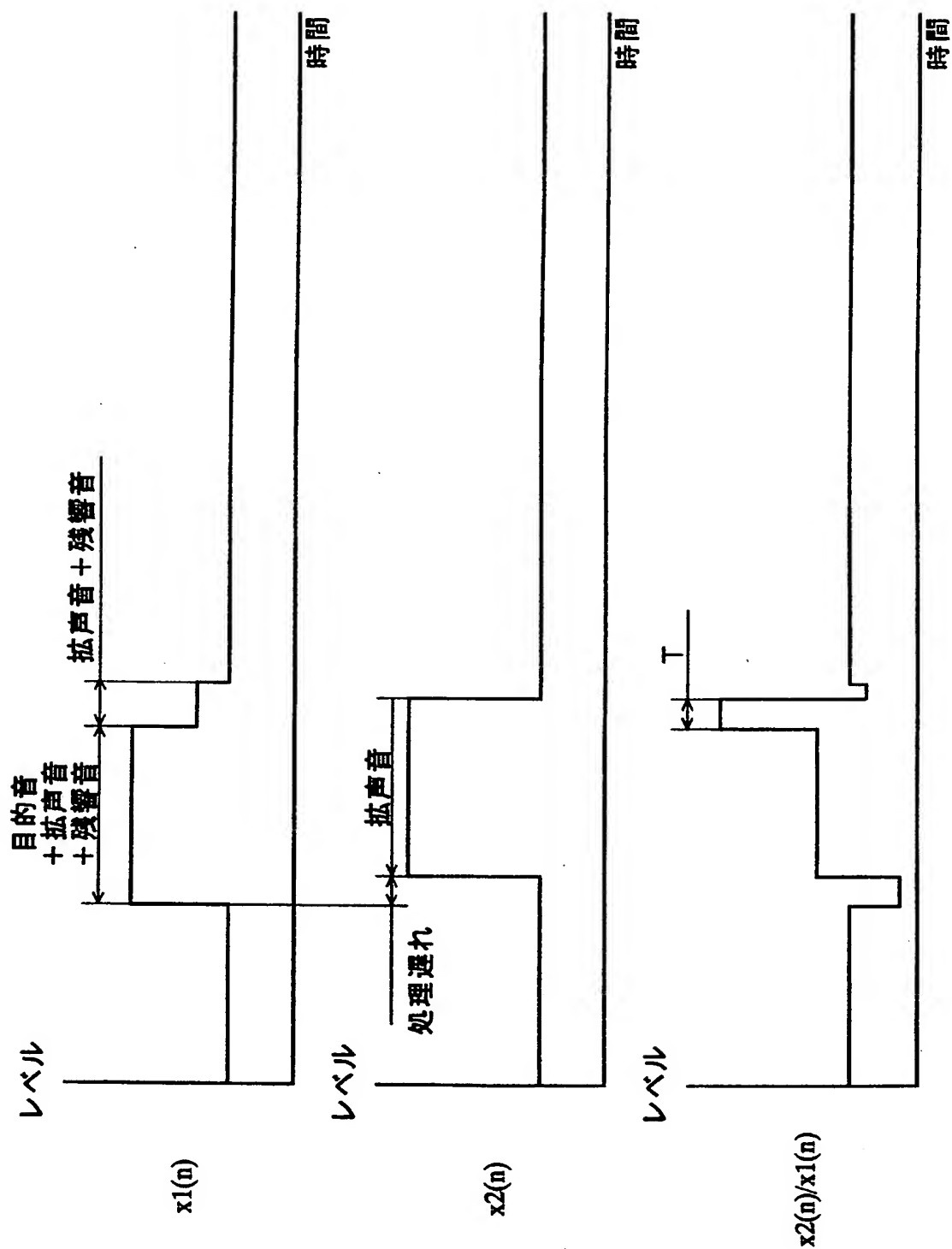
[図2]



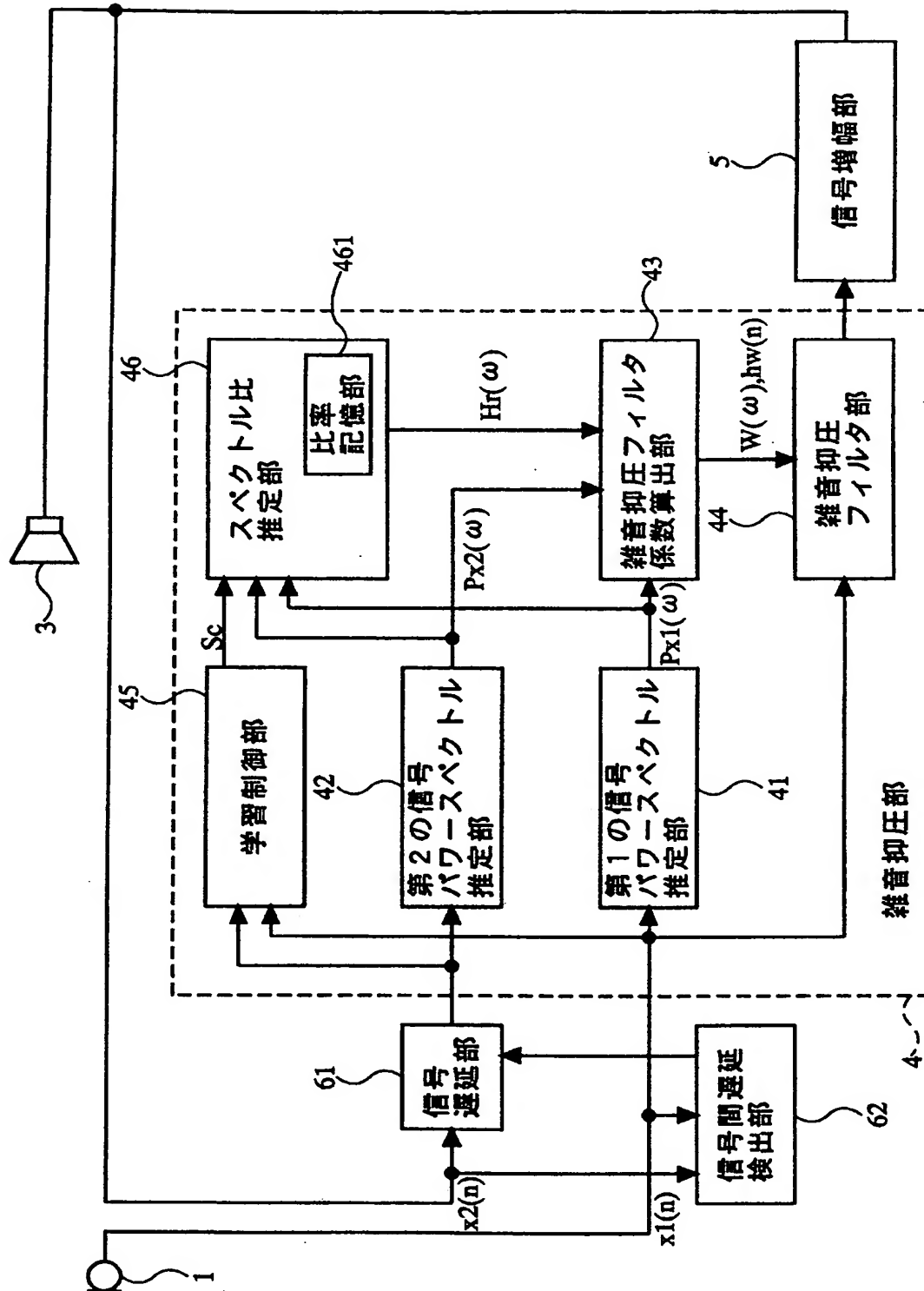
[図3]



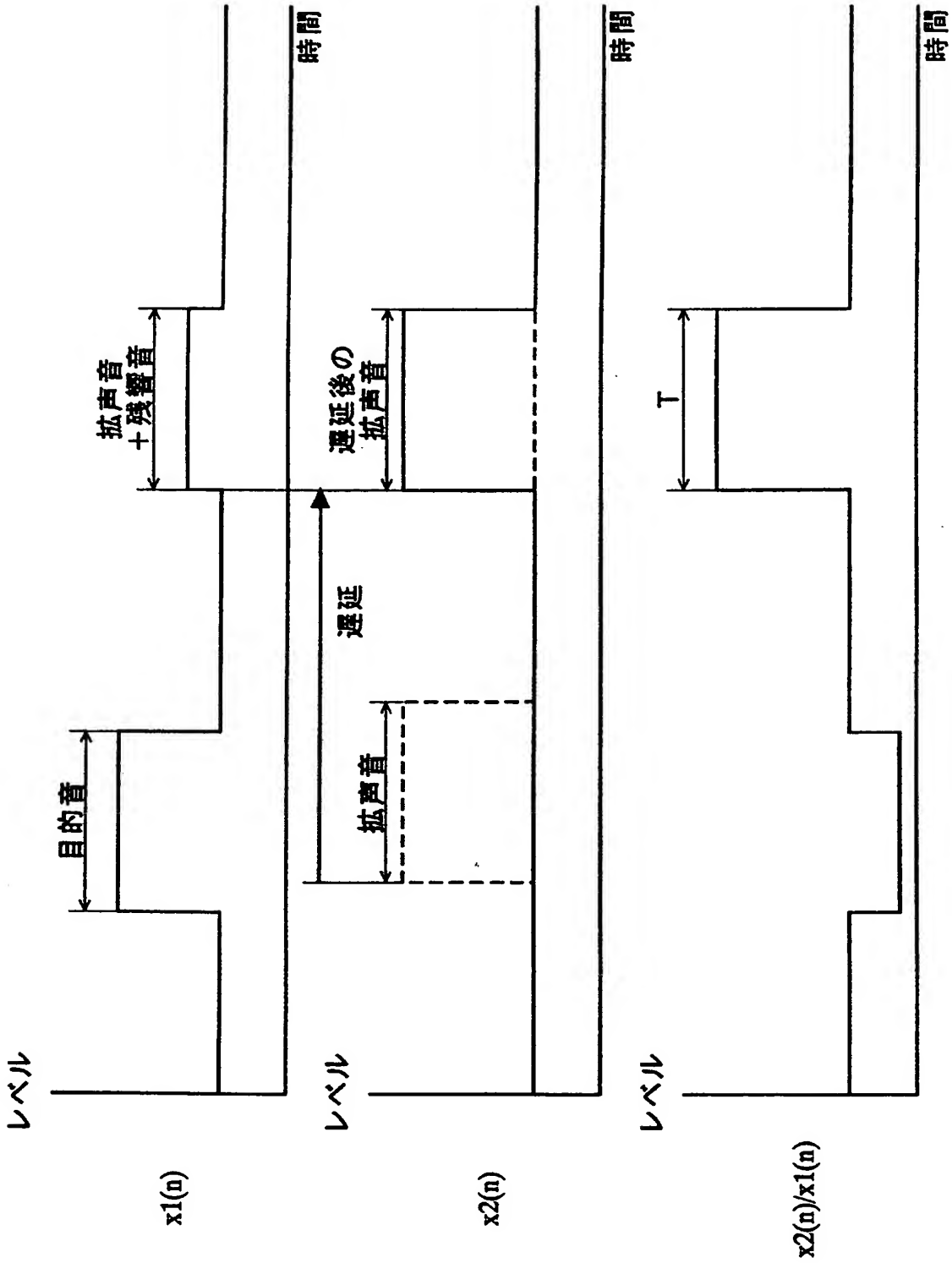
[図4]



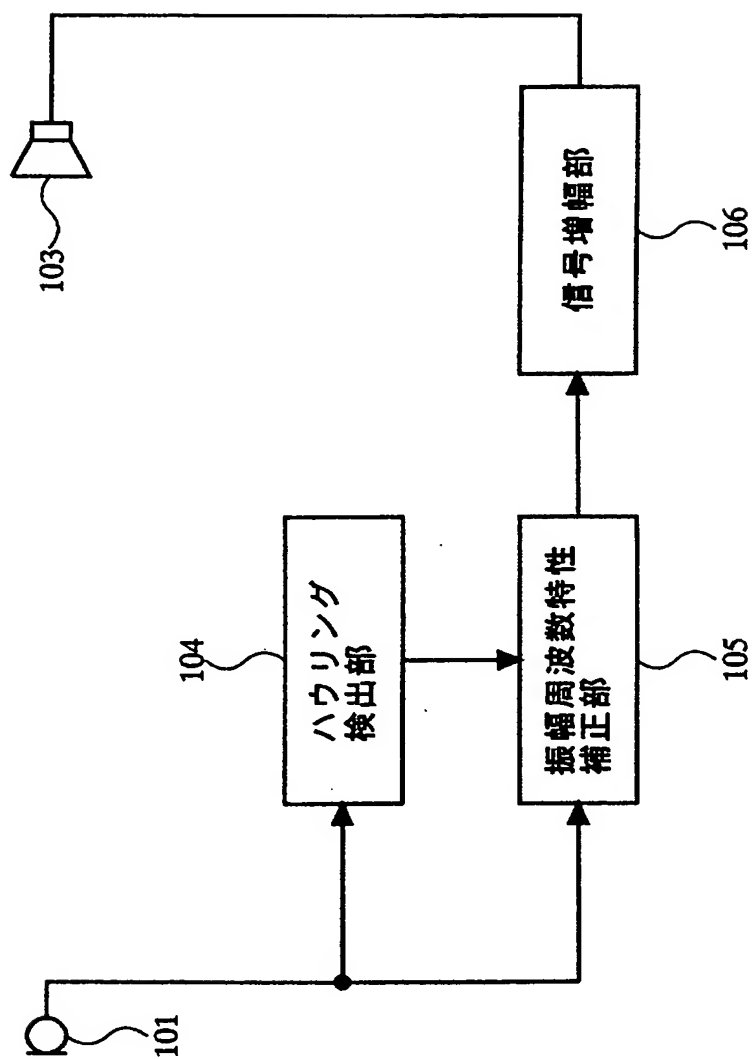
[図5]



[図6]



[図7]



[図8]

